

N、P、K、Si 营养对青稞产量及籽粒营养品质的影响

卓 玛^{1,2}, 曲 航³, 马瑞萍^{1,2}, 韦泽秀^{1,2*}

(1. 省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室, 西藏 拉萨 850002; 2. 西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏 拉萨 850002; 3. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:为了探究 N、P、K、Si 营养对青稞产量和品质的影响, 以藏青 2000 为供试青稞品种, 采用单因素试验与正交试验相结合开展试验研究。结果表明, ①单一元素肥料施用仅氮素对青稞生长和产量因子有明显的积极效应, 仅增施 P、K、Si 单一元素对青稞生长、产量及产量因子无明显的增产, 甚至出现减产现象; ②N、P、K、Si 配合施用对青稞产量和品质影响显著。N、P、K、Si 配合施用后青稞籽粒 β -葡聚糖含量、蛋白质含量增加, 而淀粉含量和粗脂肪含量降低; N、P、K、Si 配合施用青稞增产效果十分明显, 尤其是 T20 ($N_{225}P_{45}K_{225}Si_{1350}$) 和 T21 ($N_{225}P_{90}K_{75}Si_{1800}$) 处理产量和产量因子总体反映较优。

关键词:单质元素肥料; 藏青 2000; 相对叶绿素含量; 产量因子; 品质

中图分类号:S513.062 **文献标识码:**A

Effect of N, P, K and Si nutrition on Yield and Nutritional Quality of Highland Barley

Zhuoma^{1,2}, QU Hang³, MA Rui-ping^{1,2}, WEI Ze-xiu^{1,2*}

(1. State Key Laboratory of Hulless Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Tibet Lhasa 850002, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment Research, TAAAS, Tibet Lhasa 850002, China; 3. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Liaoning Shenyang 110161, China)

Abstract: In order to explore the effects of N, P, K & Si nutrition on the yield and quality of highland barley, the single factor experiment and orthogonal experiment were carried out. Zangqing 2000 was the test barley variety. The results showed that: (i) single element fertilizer application only nitrogen had a significant positive effect on the growth and yield factors of highland barley. Otherwise only increasing P, K, Si single element fertilizer had no significant effect on the growth, yield and yield factors of Zangqing2000. Even the yield reduced; (ii) N, P, K, Si combined application had a significant effect on the yield and quality of highland barley. The content of β -glucan and protein increased, but the content of starch and crude fat decreased after N, P, K and Si combined application, especially T20 ($N_{225}K_{225}Si_{1350}$) and T21 ($N_{225}P_{90}K_{75}Si_{1800}$) treatments the yield and yield factors of were better than other treatments.

Key words: Elemental fertilizer; Zangqing2000; SPAD; Yield factor; Quality

青稞是青藏高原高海拔地区分布最广的农作物品种之一^[1-2], 青藏高原青稞种植面积约 43.3 万 hm^2 ^[3], 占农作物总面积的 60 % 以上, 产量占全区粮食作物总产量的 64 % 以上, 因此, 青稞在西藏的生产地位举足轻重^[4]。但西藏青稞生产中由于管理粗放, 化肥施用缺乏科学性, 致使青稞产量低、品质差, 肥料利用率低, 严重制约着当地青稞生产的发

展^[5]。

藏青 2000 是西藏农业科技人员历时 19 年选育研究育成的青稞新品系。近年来在西藏全区推广面积累积接近 13.33 万 hm^2 。N、P、K 是作物生长的三大主要营养元素, 对作物增产和品质影响十分重要, 西藏由于地理原因 20 世纪 60-70 年代普遍认为土壤母质中钾含量丰富, 土壤不缺 K, 20 世纪 70 年开始, 有大量试验研究证明, 增施 N、P 营养对青稞产量增加明显^[7-9], 经过 30 多年的发展, 西藏农田主要以 N、P 营养输入为主, K 作为品质元素, 近年的测土配方施肥加强了作物营养均衡观念和钾肥应用; 硅肥是继氮磷钾之后被世界各国专家一致公

收稿日期: 2018-09-12

基金项目: 西藏重大科技专项 (XZ201801NA01), 国家科技支撑计划 (2013BAD30B01)

作者简介: 卓 玛 (1979-), 女, 大学本科, 副研究员, 主要开展土壤生态及作物生理生态研究, E-mail: 64519640@qq.com; * 为通讯作者: 韦泽秀 (1978-), 女, 理学博士, 研究员, 主要开展土壤生态及作物生理生态研究, E-mail: weizex7559@126.com。

认的“第四大元素肥料”,对农作物有抗倒伏、提品质的作用。纵观近年的研究关于施肥对藏青 2000 产量及品质的影响无相关报道。因此,笔者从 N、P、K、Si 元素对藏青 2000 生长和产量、品质的影响出发开展试验研究。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2016 年 4-9 月在西藏农牧科学院 4 号试验地进行(29°38'34"N,91°2'31"E,海拔 3662 m)。该地区年平均温度为 7.4 ℃,年日照时数 3000 h,年降水量为 200~510 mm,集中在 6-9 月,无霜期 100~120 d,属高原温带半干旱季风气候。试验地 0~20 cm 土层土壤质地为砂壤土,有机质含量 19.1 g·kg⁻¹,全氮 1.24 g·kg⁻¹,碱解氮 103 mg·kg⁻¹,全磷 0.702 g·kg⁻¹,有效磷 29 mg·kg⁻¹,全钾 21.3 g·kg⁻¹,速效钾 47 mg·kg⁻¹,pH 7.9。

1.2 试验设计

以藏青 2000 为供试春青稞品种,在西藏农科院

4 号试验地,设计了 N(75、150、225 kg/hm²)、P₂O₅(45、90、135 kg/hm²)、K₂O(75、150、225 kg/hm²)、硅肥(途宝康,韩国翱得思株式会社)(900、1350、1800 mL/hm²)四因素,利用单因素试验与正交设计相结合。小区面积:5.6 m×5 m=28 m²;N、P、K 60%在播种前作为底肥施于土壤中,在青稞拔节期将剩余 40%追施,途宝康(Si)从分蘖后期到灌浆前期按每两周喷施 1 次,共喷施 4 次对青稞进行硅肥喷施处理(表 1)。

1.3 测定项目及方法

播种后记录青稞生育期;每小区选定长势均匀的 1 m² 样方,统计基本苗,在青稞生长旺期测定植株叶片叶绿素含量(SPAD 502,Japan);在每小区 1 m² 样方外选择长势和样方相近的作物,在腊熟期测定选定的 1 m² 样方中成穗数,并选其中 10 株测定其株高、穗长、穗粒数、收获后测千粒重估算其理论产量;收货 1 m² 样方,测产。

青稞收获后籽粒混合样品送中国科学院西北高原生物研究所进行品质化验,主要测定了青稞籽粒中 β-葡聚糖、蛋白质、脂肪、淀粉、γ-氨基丁酸,测定

表 1 试验处理

编号	N(kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O(kg/hm ²)	土宝康(mL/hm ²)
T1	0	0	0	0
T2	75			
T3	150			
T4	225			
T5		45		
T6		90		
T7		135		
T8			75	
T9			150	
T10			225	
T11				900
T12				1350
T13				1800
T14	75	45	75	900
T15	75	90	150	1350
T16	75	135	225	1800
T17	150	45	150	1800
T18	150	90	225	900
T19	150	135	75	1350
T20	225	45	225	1350
T21	225	90	75	1800
T22	225	135	150	900

表 2 氮素水平对青稞产量及产量因子的影响

N (kg/hm ²)	成穗数 (万株/667m ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g/千粒)	理论产量 (kg/667m ²)
0	18.36c	29.89c	47.34a	220.83d
75	20.79b	36.39a	43.25b	278.16c
150	25.83a	35.56ab	38.59c	301.24b
225	25.39a	35.84ab	40.67bc	314.51a

注：每一列相同的字母表示处理间差异不显著 ($P > 0.05$)；不同的小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

方法采用国标法测定。

1.4 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 和 DPS9.05 软件进行统计分析, LSD 法进行显著差异性检验 ($P < 0.05$)。

理论产量 (kg · 667m⁻²) = 成穗数 (万株/667m²) × 穗粒数 × 千粒重 × 10000/1000/1000 × 0.85

2 结果与分析

2.1 N 素水平对青稞生长及产量的影响

不同氮水平处理间 (0, 75, 150, 225 kg/hm²) 青稞叶片相对叶绿素含量差异显著 ($P < 0.05$), 青稞叶片中相对叶绿素含量随施氮水平提高而增加。

株高反应作物生长状况和生物量, 不同氮素水平处理对藏青 2000 株高影响差异显著 (图 1), 株高随氮素水平增加而增加。

田间数据采集结果见表 2, 氮素水平对藏青

2000 产量及产量因子影响差异显著 ($P < 0.05$)。成穗数随氮素水平增加而增加且差异显著, 施氮素促进青稞分蘖和生长, 从而增加成穗数, 扩大了青稞生长群体; 穗粒数随氮素水平增加先增加后降低; 千粒重随氮素水平增加变化无规律, 但总体上施氮肥后千粒重有一定下降, 可能是由于空白处理植株群体少, 平均穗粒数少, 单个籽粒灌浆充足。产量是综合指标, 从产量上看, 氮素水平增加产量增加, 其中 225 kg/hm² 处理较空白处理产量增加 93.68 kg/667m², 增幅为 42.42 %。

2.2 P 素水平对青稞生长及产量的影响

磷肥能够促进作物花芽分化, 提早开花结果, 促进幼苗根系生长和改善果实品质。缺磷时, 幼芽和根系生长缓慢, 植株矮小, 叶色暗绿, 无光泽, 背面紫色^[6]。不同磷水平处理间 (0, 45, 90, 135 kg/hm²) 青稞叶片相对叶绿素含量差异显著 ($P < 0.05$), 青稞叶片中相对叶绿素含量随施磷水平提高先增加后降低。

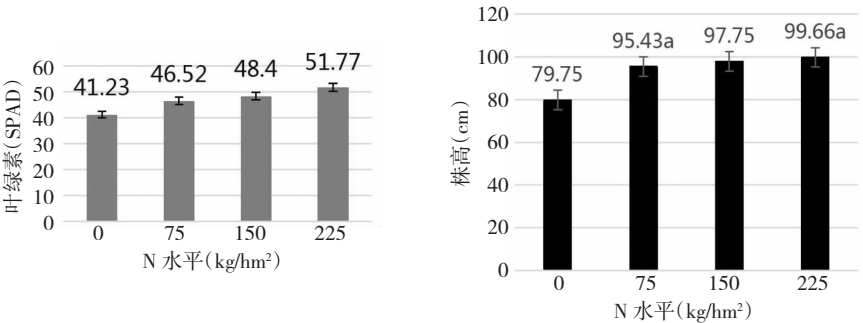


图 1 藏青 2000 叶片相对叶绿素含量和株高随氮素水平变化情况

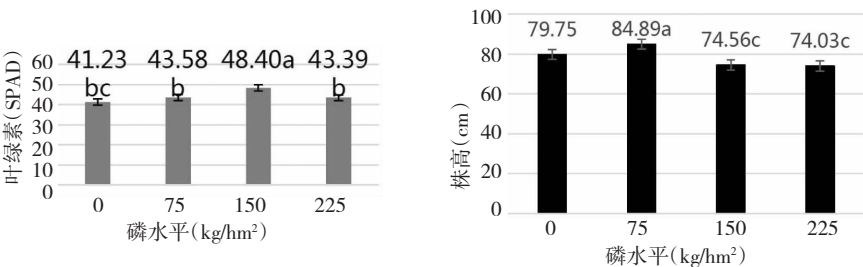


图 2 藏青 2000 叶片相对叶绿素含量和株高随磷素水平变化情况

表 3 磷素水平对青稞产量及产量因子的影响

P(kg/hm ²)	成穗数 (万株/667m ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g/千粒)	理论产量 (kg/667m ²)
0	18.36b	29.89a	47.34a	220.83b
45	20.83a	29.94a	45.33b	240.32a
90	18.63b	27.40b	41.18c	178.66d
135	18.13b	30.87a	42.23c	200.88c

注:每一列相同的字母表示处理间差异不显著($P>0.05$);不同的小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

表 4 钾素水平对青稞产量及产量因子的影响

K(kg/hm ²)	成穗数 (万株/667m ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g/千粒)	理论产量 (kg/667m ²)
0	18.36ab	29.89a	47.34a	220.83a
75	17.06b	29.85a	45.41b	196.58b
150	16.81b	29.85a	42.18c	179.90c
225	19.12a	29.12a	46.16ab	218.45a

注:每一列相同的字母表示处理间差异不显著($P>0.05$);不同的小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

不同磷素水平处理对藏青 2000 株高影响差异显著(图 2),株高随磷素水平增加先增加后降低,当施磷水平 45 kg/hm² 时平均植株株高最高为 84.89 cm,较空白处理平均增加 5.14 cm。

数据采集结果见上表,磷素水平对藏青 2000 产量及产量因子影响差异显著($P<0.05$)。成穗数随磷素水平增加先增加后降低,仅 45 kg/hm² 处理较空白处理成穗数显著增加($P<0.05$),90 kg/hm² 处理和 135 kg/hm² 处理成穗数较空白处理无显著差异($P>0.05$);穗粒数随磷素水平增加无规律;千粒重随磷素水平增加降低。产量是综合指标,从产量上看,磷素水平 45 kg/hm² 处理较空白处理产量增加 19.49 kg/667m²,增幅为 8.83 %,90 kg/hm² 处理和 135 kg/hm² 处理产量较空白处理分别下降 19.10 %和 9.03 %。从 2017 年研究结果看,仅增施磷肥青稞无法实现高产。

2.3 钾素水平对青稞生长及产量的影响

钾能促进光合作用,促进碳水化合物的合成和运输,钾能促进蛋白质的合成^[6]。不同钾水平处理间(0,75,150,225 kg/hm²) 青稞叶片相对叶绿素含量随施钾水平提高而增加但差异不显著($P>0.$

05)。

不同钾素水平处理对藏青 2000 株高影响差异显著(图 3),株高随钾素水平增加而降低。

田间数据采集结果见表 4,钾素水平对藏青 2000 产量及产量因子影响无统一规律。成穗数随钾素水平增加先降低后增加,仅 225 kg/hm² 处理较空白处理成穗数增加但差异不显著($P>0.05$),75 kg/hm² 处理和 150 kg/hm² 处理成穗数较空白处理低;穗粒数随钾素水平增加无显著变化($P>0.05$);千粒重随钾素水平增加降低。产量是综合指标,从产量上看,仅增施钾肥青稞产量反而降低。

2.4 硅素水平对青稞生长及产量的影响

硅肥被国际土壤界列为继氮、磷、钾之后的第四大元素肥料。硅肥有利于提高作物的光合作用和叶绿素含量,使茎叶挺直,促进有机物积累;硅肥能增加作物茎秆的机械强度,提高抗倒伏能力 85 % 以上,令茎秆挺直,有利于密植^[6];青稞生产中未见有关硅肥的相关报道。不同硅水平处理间(0,900,1350,1800 mL/hm²) 青稞叶片相对叶绿素含量差异显著($P<0.05$),总体上施用硅肥青稞叶片中相对叶绿素含量增加(图 4)。

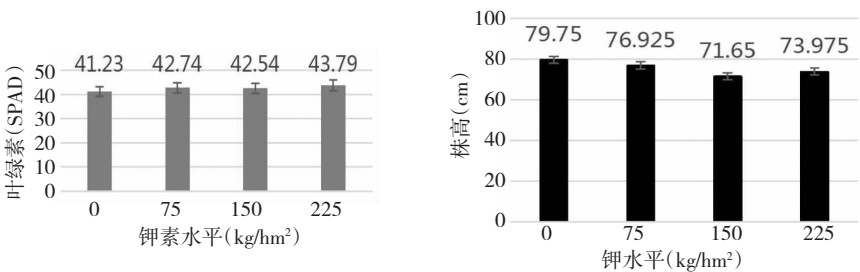


图 3 藏青 2000 叶片相对叶绿素含量和株高随钾素水平变化情况

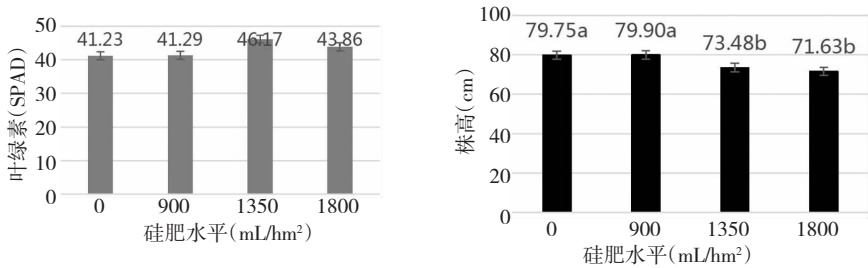


图 4 藏青 2000 叶片相对叶绿素含量随硅素水平变化情况

不同硅肥水平处理对藏青 2000 株高影响差异不显著(图 4),株高随硅肥水平增加而降低。

田间数据采集结果见表 5,硅肥水平对藏青 2000 产量及产量因子影响无统一规律。成穗数随硅肥水平增加无显著变化($P>0.05$);施硅肥后青稞穗粒数和千粒重有一定程度降低。产量是综合指标,从产量上看,仅增施硅肥青稞产量反而降低。由于仅 1 年数据,需要多年多点试验验证其结果。

2.5 N、P、K、Si 交互作用对青稞产量及生长的影响

N、P、K、Si 交互作用对青稞产量及生长的影响,见表 6。N、P、K、Si 配合施用后株高较对照处理有不同程度的增加,株高平均增加 4.8 ~ 16.95 cm;叶片平均叶绿素含量较空白处理有一定降低;产量及

产量随 N、P、K、Si 配合施用后变化差异显著,产量较空白处理显著提高,增加幅度为 192.4 ~ 393.18 kg/667m²,增产比例 87.13 % ~ 178.05 %。其中成穗数和穗粒数较空白处理极显著增加,千粒重较空白处理有不同程度降低。综合看 T20(N₂₂₅P₄₅K₂₂₅Si₁₃₅₀)和 T21(N₂₂₅P₉₀K₇₅Si₁₈₀₀)处理产量和产量因子总体反映较优,获得高产。

2.6 N、P、K、Si 单因素及交互作用对青稞籽粒品质的影响

对试验设计中 22 个处理青稞收获后籽粒混合样品送中国科学院西北高原生物研究所进行品质化验,主要测定了青稞籽粒中 β-葡聚糖、蛋白质、脂肪、淀粉、γ-氨基丁酸。

表 5 硅肥水平对青稞产量及产量因子的影响

Si (mL/hm ²)	成穗数 (万株/667m ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g/千粒)	理论产量 (kg/667m ²)
0	18.36a	29.89a	47.34a	220.83a
900	18.84a	28.09a	46.58a	209.53ab
1350	18.92a	22.79c	46.42a	170.16c
1800	18.59a	26.62b	44.50ab	187.17c

注:每一列相同的字母表示处理间差异不显著($P>0.05$);不同的小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

表 6 N、P、K、Si 交互作用对青稞产量及生长的影响

处理	株高 (cm)	叶绿素 (SPAD)	成穗数 (万株/667m ²)	穗粒数 (个)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/667m ²)
T14	93.60b	36.80b	24.81b	49.3c	43.50b	452.22c
T15	95.55ab	37.16b	25.36b	50.79c	44.34b	485.40b
T16	86.95d	36.85b	21.83c	49.73c	42.92bc	396.07d
T17	89.65c	38.42b	22.38c	54.83bc	40.00c	417.22d
T18	84.975d	36.92c	25.00b	61.41a	36.95d	482.15b
T19	84.55d	35.28c	23.31c	56.10b	37.18d	413.23d
T20	91.05bc	39.90ab	28.78a	59.08a	41.92c	605.78a
T21	96.70a	39.52ab	27.62a	62.90a	41.59c	614.01a
T22	95.25ab	39.47ab	28.13a	53.13bc	38.83d	493.17b
T1	79.75e	41.23a	18.36d	50.82c	47.34a	220.83e

注:每一列相同的字母表示处理间差异不显著($P>0.05$);不同的小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

表 7 各处理青稞籽粒营养品质

样品名称	β-葡聚糖 (%)	蛋白质 (g/100g)	脂肪 (g/100g)	淀粉 (g/100g)	γ-氨基丁酸 (mg/100g)
T1	5.31	10.64	1.63	40.00	29.98
T2	5.21	10.13	1.55	44.30	22.38
T3	5.11	12.85	1.55	40.98	27.85
T4	5.71	14.40	1.53	44.30	38.70
T5	5.47	9.01	1.58	45.88	32.78
T6	5.32	10.10	1.53	46.85	32.18
T7	5.36	9.39	1.63	47.15	30.15
T8	5.65	11.93	1.68	41.83	29.65
T9	5.43	9.16	1.60	44.10	32.73
T10	5.58	9.01	1.58	40.65	27.68
T11	5.49	9.18	1.60	41.53	27.45
T12	5.47	9.37	1.58	41.05	35.80
T13	5.37	9.16	1.55	44.05	27.33
T14	5.64	9.28	1.53	41.40	22.80
T15	5.90	8.92	1.53	40.60	21.35
T16	5.67	11.02	1.53	40.90	23.65
T17	5.61	11.69	1.60	39.80	30.88
T18	5.45	11.65	1.55	40.20	27.30
T19	5.31	12.30	1.58	36.83	37.30
T20	5.47	14.25	1.65	37.38	36.58
T21	5.34	9.92	1.58	35.10	36.43
T22	5.64	10.33	1.60	35.20	31.40

青稞籽粒中 β-葡聚糖、蛋白质、脂肪、淀粉、γ-氨基丁酸含量首先是青稞品种的特性决定,但不同施肥处理对籽粒中营养品质也有一定的影响,测定结果(表 7)。β-葡聚糖含量 5.11 % ~ 5.90 %,增施单质肥料后青稞籽粒中 β-葡聚糖含量增加,其中平均 β-葡聚糖含量增施氮素后为 5.34 %,增施磷素后为 5.39 %,增施钾素后为 5.55 %,增施硅肥后为 5.44 %,较空白处理 5.31 % 有不同程度提高,N、P、K、Si 配合施用后籽粒中平均 β-葡聚糖含量 5.56 %,较空白处理净增加 0.25 %。

蛋白质含量 8.92 ~ 14.40 g/100g,增施氮素肥料后,青稞籽粒中蛋白质含量 12.46 g/100g,较空白处理 10.64 g/100g 增加,但增施磷、钾、硅单质肥料后青稞籽粒中平均蛋白质含量分别为 9.50、10.03、9.24 g/100g,较空白处理青稞籽粒中蛋白质含量均降低;N、P、K、Si 配合施用后籽粒中平均蛋白质含量 11.04 g/100g,较空白处理蛋白质含量增加。

青稞籽粒中脂肪含量 1.5 ~ 1.65 g/100g,籽粒中脂肪含量变化少,增施单质氮、磷、钾、硅肥料后青稞籽粒中脂肪含量降低,N、P、K、Si 配合施用后籽粒中平均脂肪含量也较空白处理降低。

青稞籽粒淀粉含量 35.1 ~ 47.15 g/100g,增施单质氮、磷、钾、硅肥料后青稞籽粒中平均淀粉含量分别为 43.19、46.63、42.19、42.21 g/100g,较空白处理 40.00 都有不同程度增加,但氮、磷、钾、硅肥料配施后平均淀粉含量 38.60,较空白处理青稞籽粒中淀粉含量 40.00 g/100g 却降低。

青稞籽粒 γ-氨基丁酸含量 22.38 ~ 38.7 mg/100g,增施单质氮素肥料后,青稞籽粒中 γ-氨基丁酸含量 29.64 mg/100g,较空白处理 29.98 mg/100g 降低,但增施磷、钾、硅单质肥料后青稞籽粒中平均 γ-氨基丁酸含量分别为 31.70、30.02、30.19 mg/100g,较空白处理青稞籽粒中 γ-氨基丁酸含量均增加;N、P、K、Si 配合施用后籽粒中平均 γ-氨基丁酸含量 29.74 mg/100g,较空白处理 γ-氨基丁酸含量降低。

3 小 结

N、P、K、Si 是作物生长的大量元素。单一元素施用仅氮素对青稞生长和产量因子有明显的积极效应,仅增施 P、K、Si 单一元素对青稞生长、产量及产量因子无明显的增产,甚至出现减产现象;究其主要

原因氮素是蛋白质、遗传材料以及叶绿素和其它关键有机分子的基本组成元素,所有生物体都需要氮来维持生活。作为构成活体生物组织最基本的化学元素,叶绿素(chlorophyll)是一类与光合作用(photosynthesis)有关的最重要的色素,N是叶绿素组成元素,缺N叶绿素无法合成,所以没有N植物就不能进行光合作用^[6]。增施氮肥后青稞叶片中先对叶绿素含量增加,光合能力增强,株高增加,光合效率增强。有效成穗数增加,产量提高。与西藏大多数学者关于青稞种植和土壤分析结果一致^[7-9],氮素是作物生长第一限制因子。而磷、钾、硅等单质肥料的使用对青稞生长及产量的影响变化无统一规律,甚至出现施用后青稞长势还不如CK处理现象,标明青稞生长中主要限制因子没满足,增施其他肥只能事倍功半。

N、P、K、Si配合施用对青稞产量和品质影响显著。N、P、K、Si配合施用后青稞籽粒β-葡聚糖含量、蛋白质含量增加,而淀粉含量和粗脂肪含量降低;N、P、K、Si配合施用青稞增产效果十分明显,尤其是T20(N₂₂₅P₄₅K₂₂₅Si₁₃₅₀)和T21(N₂₂₅P₉₀K₇₅Si₁₈₀₀)处理产量和产量因子总体反映较优,获得高产。

青稞倒伏是限制青稞高产的主要原因之一,硅肥施用能否增加青稞秸秆抗倒伏能力、增强青稞的抗逆境胁迫能力也是本试验研究内容和进一步研究目标。

参考文献:

- [1] 蔡成勇,朱首军,周军. 湟源县青稞立地土壤肥力特性与配方肥研制方案[J]. 陕西林业科技,2009(2):53-57.
- [2] 张堃,姚拓,张德罡,等. 高寒地区联合固氮菌肥对青稞的促生效应研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(3):708-713.
- [3] 杨有霖. 不同播种量和肥料用量对青稞籽粒产量的影响[J]. 湖北农业科学,2012,51(8):1536-1538.
- [4] 胡单,杨永红. 不同施氮量对冬青稞幼苗光合色素、生物量及产量的影响[J]. 安徽农业科技,2011,39(24):14561-14563.
- [5] 李云祥,陈殿民. 甘南高寒地区青稞NP配施效应及效益研究,土壤通报,1998,29(1):23-25.
- [6] 陆景陵. 植物营养学第二版全国高等农业院校教材[M]. 北京:中国农业大学出版社,2003.
- [7] 王少仁,夏培植. 青稞需肥特点与合理施肥试验研究的初步总结[J]. 西藏农业科技,1978,12:27-37.
- [8] 关树森. 西藏耕作土壤钾素肥力的现状[J]. 西藏农业科技,2002,24(3):30-33.
- [9] 刘国一,尼玛扎西,宋国英,等. 西藏一江两河地区青稞生产土壤养分限制因子分析[J]. 中国农业气象,2014,35(3):276-280.